

## Література

1. Двигатель внутреннего сгорания. Барсуков С.И., Кнауб Л.В., Манаенко В.П. А.С. № 1686212 СССР. Опубл. Б.И. № 39, 23.10.91 г.
2. Кузнецов В.И. Теория и расчет эффекта Ранка. – Омск: ОмПИ, 1995. – 218 с.
3. Кнауб Л.В., Верламов А.М. Анализ изменения эксплуатационных и динамических характеристик автомобиля КАМАЗ-5410 с дополнительной системой питания, работающего на низкоцетановом топливе. Науч.-техн. сб. “Динамика систем”, Вып. 2. – Одесса: ОИСВ, 1995. – С. 29 – 30.

УДК 621.226

# РОЗРАХУНКОВІ ДОСЛІДЖЕННЯ ПУЛЬСАЦІЙ ТИСКУ В СТЕНДІ ДЛЯ ВИПРОБУВАННЯ ГІДРОАПАРАТІВ

**П.М. Андренко**

Доктор технічних наук, професор  
Кафедра “Гідропневмоавтоматика і гідропривод”  
Національний технічний університет “Харківський  
політехнічний інститут”  
вул. Фрунзе, 21, м. Харків, 61002  
Контактний тел. (057) 707-61-28

**М.С. Свинаренко**

Асистент  
Харківський державний університет будівництва та  
архітектури  
вул. Сумська, 40, м. Харків, 61002  
Контактний тел. (057) 700-02-46  
E-mail: m\_a\_k\_s\_i\_m@ua.fm

*Проведено порівняльний аналіз пульсацій тиску в стенді для випробування гідроапаратів при наявності гасителя пульсацій тиску з автоматичним підстроюванням параметрів та без нього*

*Ключеві слова: пульсації тиску, стенд для випробування, гаситель, осцилограми*

*Проведен сравнительный анализ пульсаций давления в стенде для испытаний гидроаппаратов при наличии гасителя пульсаций давления с автоматической подстройкой параметров и без него*

*Ключевые слова: пульсации давления, стенд для испытаний, гаситель, осциллограммы*

*The comparative analysis of pulsations of pressure in the stand for tests of hydrodevices is lead at presence extinguisher pulsations of pressure with automatic fine tuning parameters and without it*

*Key words: pulsations of pressure, stand for tests of hydrodevices, extinguisher, oscillogram*

## 1. Вступ

Гідравлічні апарати знайшли широке застосування в сучасних об'ємних гідроагрегатах (ГА) мехатронних систем технологічного обладнання, транспортних машин, іншому гідрофікованому обладнанні. Це обумовлено тим, що такі ГА мають високу довговічність, надійно захищені від перевантажень, забезпечують їм механічну жорсткість по відношенню до навантаження та високу позиційну точність реверсу. Вони значно спрощують автоматизацію промислових процесів та підвищують якість машин, дозволяють суттєво зменшити їх вагу і габарити, надійно працю-

ють в любых кліматичних умовах [1]. Всі типи гідроапаратів, за виключенням логічних гідроклапанів та дроселюючих гідророзподільників, проходять контрольні випробування згідно з ДСТУ [2]. Ці випробування проводять на спеціальних стендах, при розробці і проектуванні яких необхідно забезпечити високу точність підтримування тиску чи витрати на вході в гідроапарат, комфортні умови праці. Для зменшення пульсацій тиску робочої рідини в гідравлічній системі випробувального стенда, шуму та вібрації нами пропонується встановлювати після об'ємного насоса гаситель пульсацій тиску з автоматичним підстроюванням параметрів (ГПТ) [3].

## 2. Аналіз публікацій

Питанням проектування та розрахунку об'ємних ГА, в тому числі і стендів для випробування гідроапаратів, присвячена достатньо велика кількість робіт таких учених, як: Т.М. Башта, В.П. Бочаров, М.С. Гаминін, С.О. Єрмаков, Г.Й. Зайончковський, Р.Д. Іскович-Лотоцький, Б.Л. Коробочкин, В.А. Лещенко, З.Я. Лур'є, К.Л. Навроцький, В.М. Прокоф'єв, Д.М. Попов, О.М. Складєвський, В.Б. Струтинський, З.Л. Фінкельштейн, Е.М. Хаймович, О.М. Яхно й інших. В їх роботах розглянуті фундаментальні основи побудови ГА які базуються на їх повних математичних моделях та дозволяють отримати ГА з заданими статичними і динамічними властивостями. В статті [4] отримана повна математична модель робочого процесу розробленого нами ГПТ, яка базується на зосередженні параметрів за Г та Т-подібними схемами, а в статті [5] – математична модель стенда для випробування гідроапаратів з ним. В статті [6] наведені результати експериментальних досліджень розробленого ГПТ у складі ГА. Відмітимо, що інформація щодо характеристик гідравлічних стендів з ГПТ для випробувань гідроапаратів в науково-технічній літературі відсутня. Таким чином, порівняльні дослідження характеристик випробувальних стендів з ГПТ та без нього є актуальним завданням.

## 3. Задачі дослідження

Метою статті є встановлення впливу ГПТ на величину пульсацій тиску на вході в гідроапарат при його випробуванні.

## 4. Стенд для випробувань гідроапаратів з ГПТ

При прийманні гідроапарати проходять контрольні випробування, одним з яких є отримання залежності зміни тиску від витрати –  $p=f(q)$ . Ці випробування проводять згідно ДСТУ на стенді, схема якого наведена на рис. 1 [2]. Перевірку зміни тиску проводять не менш ніж при п'яти значеннях тиску, які беруть з різним інтервалом в межах встановленого його діапазону.

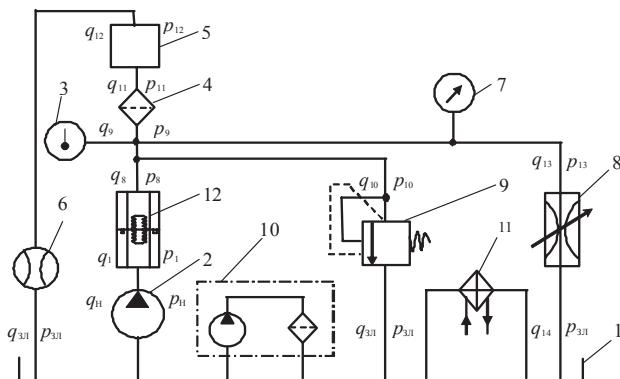


Рис. 1. Схема стенда для перевірки залежності зміни тиску від витрати: 1 – бак; 2 – насос; 3, 7 – манометри; 4 – фільтр; 5 – гідроапарат, що досліджується; 6 – витратомір; 8 – дросель; 9 – запобіжний клапан; 10 – фільтруючий пристрій; 11 – теплообмінник; 12 – ГПТ

Зазвичай, такі стенди містять теплообмінник, який підтримує температуру робочої рідини постійною. Стенд містить шестеренний насос НШ32М-4 технічні параметри якого наведені в [7], запобіжний клапан КП 10/3 [8], дросель ДЛ – 16/3 [8]. Розміщення на виході з насоса 2 ГПТ 12 дозволяє зменшити пульсацію тиску в гідросистемі стенду, шум та вібрацію, покращити умови праці та підвищити точність визначення залежності  $p=f(q)$  гідроапарата.

## 5. Розрахункові дослідження

При їх проведенні використовували математичну модель робочого процесу стенда для випробувань гідроапаратів, отриману з урахуванням максимальної кількості факторів, яка наведена в статті [5]. Вона дозволяє визначити пульсації тиску робочої рідини на вході в гідроапарат, що досліджується. Моделювання робочих процесів в стенді (рис. 1) проводили за допомогою розробленої програми в пакеті прикладних програм Mathcad. Технічні параметри шестеренного насоса, запобіжного клапана, дроселя визначали з літератури [7, 8]. Параметри ГПТ брали такими, як наведені в статті [6]. Задавали параметри робочої рідини (масла ГПТ):  $\rho = 885 \text{ кг/м}^3$ ;  $\nu_t = 2,8 \cdot 10^{-5} \text{ м}^2/\text{с}$ ; температура  $50^\circ\text{C}$ ; вміст повітря – 0,8%, модуль об'ємної пружності  $E = 1,35 \cdot 10^3 \text{ МПа}$ . Тиск зливу  $p_{зл}$  приймали рівним нулю. Витрата на виході з насоса моделювалася у відповідності з рівнянням витрати шестеренного насоса з роботи [9]. Задавали початкові і граничні умови.

Розглядали роботу стенда при визначенні характеристики  $p=f(q)$  гідроапарата. Вважали, що перехідні процеси в ГА стенда закінчені, а запірно-регулюючий елемент запобіжного клапана (основного клапана) приймає значення, при якому він зливає в бак різницю витрат робочої рідини між навантаженням (витратою через гідроапарат) і насосом. Приймали, що діаметр та довжина трубопроводів стенду (довжина від насоса до гідроапарата, що випробується) відповідно рівні 0,1 та 2,5 м. Величина тиску в ГА стенда в установлених режимах відповідає навантаженню на його виході (провідності гідроапарата, що випробується). Розглядали два режими роботи стенда, а саме: коли вся витрата з насоса подається на вхід гідроапарата, що випробується – запобіжний клапан 9 закритий; коли половина витрати з насоса подається на вхід гідроапарата, що випробується, а решта зливається через запобіжний клапан 9 в бак. Отримали осцилограми пульсації тиску в ГА стенда для випробування гідроапаратури, на виході із об'ємного насоса та на вході в гідроапарат (рис. 2).

Коефіцієнт гасіння пульсацій тиску в ГА стенда з ГПТ і без нього, відповідно становив: в першому випадку 1,392 і 1,045; в другому – 1,46 і 1,08. Зауважимо, що коефіцієнт гасіння ГПТ в обох випадках становив 1,33. На підставі проведених розрахункових досліджень пульсацій тиску в ГА стенда для випробувань гідроапаратури можна зробити висновок, що застосування ГПТ дозволяє зменшити більш ніж на 28% пульсації тиску на вході в гідроапарат, що випробується, завдяки чому підвищується точність визначення його характеристики  $p=f(q)$ . При використанні у ГА стенда для випробувань гідроапаратури шестеренного насоса для зменшення пульсацій тиску на вході в гідроапарат, що

випробується, його номінальна витрата повинна бути більшою за максимальну витрату через гідроапарат.

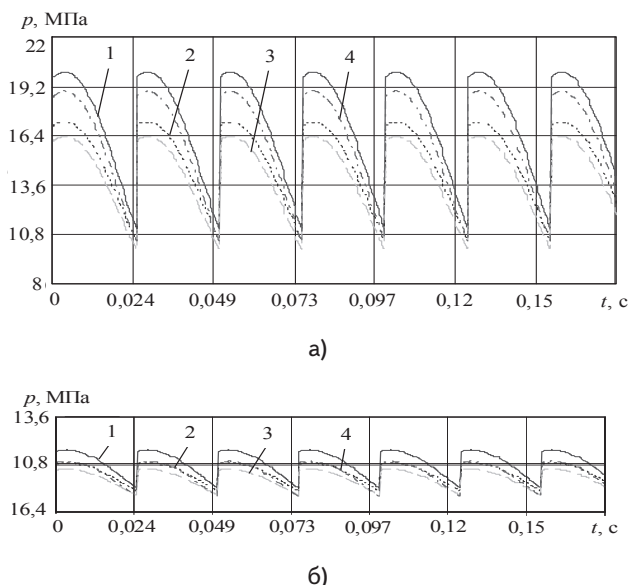


Рис. 2. Графіки пульсації тиску в ГА стенда для випробувань гідроапаратури: 1 — на виході з насосу; 2 — на виході з ГПТ; 3 — на вході в гідроапарат при наявності ГПТ; 4 — на вході в гідроапарат без ГПТ:  
а — витрата в ГА —  $1217 \text{ cm}^3/\text{c}$ ;  
б — витрата в ГА —  $608,5 \text{ cm}^3/\text{c}$

В статті [10] нами встановлено граничне значення імовірності безвідмовної роботи розробленого ГПТ, яке становить 0,48, та за результатами розрахунку в 1,86 рази перевищує мінімальне. Таким чином, надійність розробленого ГПТ достатньо висока. Встановлено склад економічних збитків при експлуатації ГПТ у ГА стенда для випробувань гідроапаратів. Найбільш питому вагу збитків складають втрати на додаткові капіталовкладення, більш ніж 53%, та втрати прибутку підприємства за час відновлення стенду, майже 25%. Доведено економічну ефективність від впровадження в виробництво і промисловість розробленого ГПТ.

При його застосуванні у ГА стенда для випробування гідроапаратури, величина залишкового прибутку від впровадження одного ГПТ становить 1059,7 грн. на рік.

## 6. Висновки

Розрахунковим шляхом встановлено, що для підвищення точності визначення характеристики  $p = f(q)$  гідроапарата, зменшення пульсацій тиску в гідравлічній системі стенда для випробувань гідроапаратури та покращення умов праці, його треба оснащувати ГПТ, а при використанні шестеренного насоса вибирати його витрату більшою за номінальну витрату через гідроапарат, що випробується.

## Література

- Кулешков Ю.В. Шестеренные насосы с асимметричной линией зацепления шестерен. Теория, конструкция и расчет / Ю.В. Кулешков, М.И. Черновол, О.В. Бевз, Ю.А. Титов – Кировоград: “КОД”, 2009 – 257 с.
- ДСТУ 3073-95. Гідроапаратура. Правила приймання і методи випробування. (ГОСТ 20245-95. Гідроапаратура. Правила приймки и методы испытаний. – М.: Изд-во стандартов. 1995. – 41 с.).
- Патент 82336 Україна, МПК F16L 55/04. Гаситель колебаний рідини в трубопроводі. на винахід / Андренко П.М., Білокінь І.І., Стеценко Ю.М., Свиначенко М.С.; заявник і патентовласник СП ЗАТ “ХЕМЗ – ІРЕС” / – №200504242; заявл. 04.05.2005; опубл. 10.04.2006. Бюл. № 7.
- Андренко П. Математическая модель гидравлического гасителя пульсаций давления с автоматической подстройкой параметров / П. Андренко, М. Свиначенко // MOTROL: Commission of motorization and energetics in agriculture: Polish Academy of sciences. – Lublin. – 2009. – Vol. 11b. – p. 42 – 49.
- Свиначенко М.С. Математична модель стенда для випробування гідроапаратів / М.С. Свиначенко, П.М. Андренко // Весник НТУ “ХПИ”. – 2010. – № 25. – С. 49 – 58.
- Андренко П.М. Експериментальні дослідження гідравлічного гасителя пульсацій тиску з автоматичним підстроюванням параметрів / П.М. Андренко, М.С. Свиначенко // Східно-Європейський журнал передових технологій. – 2005. – № 4/6 (46). – С. 45 – 51.
- Гидросила: [каталог]. – [Кировоград, ОАО “Гидросила”, 2000]. – 39 с.
- Гидроапаратура: [каталог]. – [Харьков: АО Гидроапаратура, 2001]. – 51 с.
- Объемные гидравлические приводы / [Башта Т.М., Зайченко И.З., Ермаков В.В. и др.]; под ред. Т.М. Башты. – М.: Машиностроение, 1968. – 628 с.
- Андренко П. Надежность гидравлических гасителей пульсаций и их экономическая оценка / П. Андренко, М. Свиначенко // MOTROL: Commission of motorization and energetics in agriculture: Polish Academy of sciences. – Lublin. – 2010. – Vol. 12 С. – p. 41 – 53.